Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación
Profesorado en Educación Física
Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio

Velocidad Media Propulsiva en Zona de Máxima Eficiencia Mecánica en Jugadores Juveniles de Básquet a partir de un Test Progresivo Incremental en el Ejercicio de Media Sentadilla al Cajón Valorado con Encoder Winlaborat

Director: Casas, Adrián

Alumno: Bernal, Federico I.

DNI: 29.683.969

Cohorte: 2016

Objetivo

La finalidad del presente fue determinar la velocidad media propulsiva (VMP -9,81 m/s^2) evidenciada por jugadores juveniles de básquet en zona de máxima eficiencia mecánica (zona MEM) en un test progresivo incremental (TPi) propuesto por Naclerio y Figueroa (2004) en el ejercicio de media (1/2) sentadilla al cajón. Para tal análisis, se utilizó un encoder Winlaborat (transductor lineal) que permitió valorar la posición de la barra durante la ejecución del ejercicio y, de ésta manera, poder estimar la velocidad y potencia manifestada ante cada carga en la instancia de test.

Se evaluaron 12 (n=12) jugadores juveniles de básquet de 17,8 años de edad (± 1), en los que se determinó el peso corporal en kilogramos ($\bar{x}$ 84,6 ± 33,6), talla en centímetros ($\bar{x}$ 193,9 ± 34) y Velocidad Media Propulsiva (-9,81 m/s^2) ($\bar{x}$ 0,76 ± 0,24), estimando el %1RM a partir de la ecuación de regresión propuesta por J.J. González Badillo (r^2 0.95)

$$\%1RM = - 5{,}961\ VMP^{2} - 50{,}71\ VMP + 117.$$

Índice

Objetivo……pág. 2

Introducción……pág. 4

Material y Métodos……....pág. 15

Resultados……..pág. 21

Discusión……pág. 25

Conclusión……pág. 27

Bibliografía……pág. 28

Introducción

La mecánica define la fuerza como toda acción de un cuerpo material sobre otro capaz de provocarle cambios en el estado de reposo o movimiento. El ser humano puede moverse, oponerse a las cargas externas y adaptarse al medio ambiente, debido a su capacidad de generar fuerza desde su masa muscular. Por lo tanto, desde un punto de vista fisiológico, la fuerza muscular constituye una capacidad neuromotora esencial, que puede manifestarse de diferentes maneras, dependiendo de las condiciones individuales y los objetivos en que se realice cada ejercicio. De hecho, pueden distinguirse infinitos valores de fuerza muscular, según el tipo de acción realizada (dinámica o isométrica), la velocidad, el peso movilizado o las características mecánicas de cada ejercicio.

En la mayoría de los gestos deportivos, la fuerza se aplica para acelerar, desacelerar u oponerse a las cargas determinadas por el propio cuerpo, un implemento o la acción de un adversario, realizando fundamentalmente acciones dinámicas en donde la resistencia a vencer es constante o de tipo isoinercial.

El entrenamiento deportivo es un proceso que persigue la producción de cambios en un sistema: el cuerpo humano. El sistema o conjunto de elementos que conforman un todo único puede referirse al deportista en su conjunto o a alguna de sus partes (p.ej. sistema cardiorrespiratorio, endocrino) o bien a las relaciones del deportista con el entorno, entrenador o médico (Lieberman y cols. 2002, Hughes y Bartlett 2002, Yeadon 1994). La magnitud que caracteriza las propiedades del sistema se llama variable, teniendo cada sistema multitud de variables que permiten la definición de su estado. La recopilación de la información sobre el estado del sistema y la comparación de su valor real con lo planificado se denomina control del entrenamiento (Lees A 2002, Lieberman y cols. 2002, Hughes y Bartlett 2002). El problema radica en que no siempre las modificaciones del sistema

producen una modificación positiva en los resultados del deportista, o bien, la suma de los efectos inmediatos de las cargas del entrenamiento sobre el deportista que, suelen producir una disminución de su capacidad de rendimiento actual, (González-Badillo, 1994, 2007) y de sus resultados deportivos no producen un efecto acumulado satisfactorio. La toma de decisiones por parte del entrenador durante el proceso descripto anteriormente tiene que basarse en mediciones objetivas que, junto con la utilización adecuada de indicadores subjetivos (p.ej. estado general del deportista, intuición del entrenador,etc.) pueden garantizar el éxito deportivo. El problema radica en la selección de los indicadores que caracterizan al sistema y puedan ayudar a valorar, programar y controlar el proceso. Es aquí, donde la tecnología puede colaborar a controlar los ejercicios más adecuados y facilitar el registro y análisis de los datos obtenidos a partir de variables seleccionadas.

Un ejemplo en el que se ha podido verificar cómo la tecnología ha permitido obtener medidas más objetivas de las cargas ha sido en el entrenamiento de la fuerza, en el que la intensidad de las cargas ha pasado, de medirse a través del peso o carga movilizada, a controlarse con otro tipo de dispositivos (encoders rotatorios y/o lineales, plataformas de fuerza, celda de carga, etc) que miden y/o estiman la fuerza, potencia y velocidad que se aplica ante determinado gesto.

Esta tecnología, no sólo permite valorar y programar un determinado ciclo, sino también, objetivar la progresión del entrenamiento, requisito imprescindible para utilizar los procedimientos del control del entrenamiento como un medio para poder predecir las probabilidades que tiene el deportista de mejorar el ciclo de entrenamiento (adaptado de Mikel Izquierdo y Gonzalez Badillo, 2006).

La fuerza ocupa un lugar esencial para cualquier ser humano, ya sea como capacidad física fundamental, limitante del rendimiento, o bien para garantizar la realización de

cualquier acción motora (García, 1999; Siff y Verkhoshansky, 2000). La posibilidad de producir movimiento estará condicionada por la disponibilidad de energía que permita a la musculatura generar los niveles de fuerza necesarios para ejecutar la acción deseada (Kuznetsov, 1989). La posibilidad de producir movimiento estará condicionada por la disponibilidad de energía que permita a la musculatura generar los niveles de fuerza necesarios para ejecutar la acción deseada (Kuznetsov, 1989).

Los complejos mecanismos neuromusculares que caracterizan generar fuerza interna (tensión muscular) y aplicarla (fuerza aplicada) hacia estructuras externas (adversarios y/o implementos deportivos), o propias, como el propio peso corporal (en su totalidad) o sólo un segmento del mismo, lo ideal (en tanto y en cuento se tenga alcance en la utilización de ciertos dispositivos) sería realizar un análisis metódico y minucioso sobre las características de ciertos medios y ejercicios que se utilizan en el entrenamiento de sobrecarga.

La compresión en que la fuerza se manifiesta en función del tiempo (Curva f-t) (Fig. 1) y la velocidad (Curva f-v) (Fig. 2) , depende del porcentaje de fibras rápidas, magnitud de la carga desplazada, tipo de ejercicio (acción secuencial, empuje o tracción), estado previo de la tensión muscular, régimen de activación muscular dominante, nivel y grado de entrenamiento del sujeto, zonas predominantes que se abordan durante el proceso metodológico, intención y/o empeño de la voluntad de expresar la mejor performance independientemente de la carga externa a movilizar, etc.

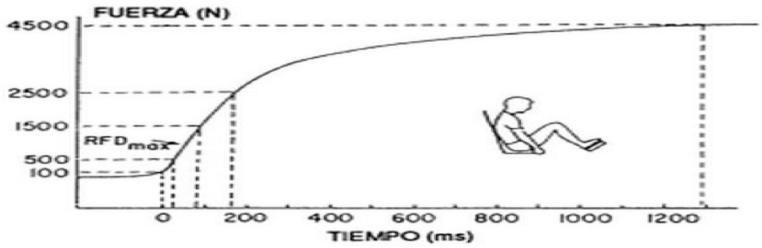

Figura 1. Curva Fuerza – Tiempo (C f – t).

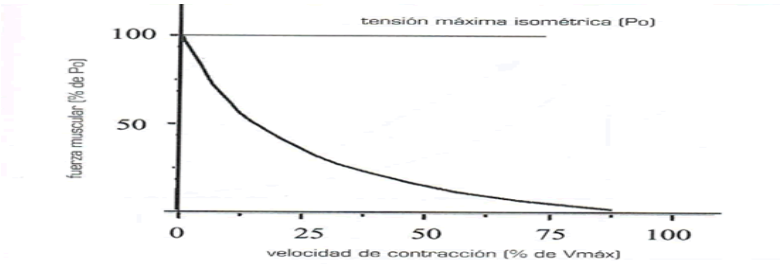

Figura 2. Curva Fuerza – Velocidad (C f-v)

En instancias de valoración para, su posterior programación, al no contar con ciertos dispositivos para realizar un análisis minucioso de la C f-t y C f-v, se objetiva y determina el rendimiento y por ende, la prestación del sujeto, por medio de un test 1RM, movilizando (o tratando de movilizar) el mayor peso en un ejercicio (Fleck y Kraemer, 1997). Aunque representa un test simple de realizar (no porque sea simple, sea redundante y cualquier sujeto lo puede ejecutar), el mismo proporciona solo el dato del mayor peso (carga) movilizado y no aporta variables relativas a la fuerza, potencia y velocidad reales. La capacidad de aplicar fuerza en velocidad, determina la potencia producida y refleja la intensidad (magnitud del esfuerzo) con que se realizan los movimientos (Naclerio, 2011). En éste sentido, analizando la importancia a partir de la interpretación de ciertas variables que arroja la C f-t y C f-v con un transductor lineal (en éste caso, encoder lineal), discriminando (entre todas las variables que se derivan de la fuerza, potencia y la velocidad) la velocidad media propulsiva (-9,81 m/s^2) a partir de una situación concreta (instancia de test, ejecución de un ejercicio y carga en particular) representa y manifiesta la eficiencia del sistema neuromuscular en dicho gesto (en éste caso, en el ejercicio de ½ sentadilla al cajón) al expresar la velocidad en la fase concéntrica (independientemente del % 1RM) producido en función del tiempo (Enoka, 2002; Gutiérrez, 1998; en Naclerio, 2006).

A partir de éste análisis, se debería aplicar una metodología, en la valoración, adecuada a un deportista (más precisamente, jugador de básquet) de su prestación

neuromuscular ante dicha instancia para, no sólo estimar la mayor carga movilizada y asociarla a partir del dato de 1RM, sino también su capacidad de aplicar fuerza, potencia y velocidad con pesos inferiores a éste (1RM) en función del tiempo. La propuesta es, con el presente, emplear un protocolo que incluya resistencias externas que abarquen un rango de cargas (desde las mas bajas hasta las sub máximas y máximas) a desplazar ante un ejercicio en particular (y, a su vez, tenga correspondencia dinámica con lo realizado en el deporte en cuestión) y situación concreta.

En la actualidad, existen dispositivos que permiten medir distancia y tiempo y, estimar potencia y velocidad aplicada durante la ejecución de ejercicios comúnmente utilizados en el entrenamiento con sobrecarga. Los mismos, otorgan al momento de valorar (y también de controlar y/o entrenar) con mayor sensibilidad las respuestas adaptativas causadas por el abordaje de las distintas direcciones de fuerza (González Badillo y Ribas Serna, 2003; Jiménez, 2003; Tous Fajardo, 1999). Semejante herramienta de aplicación práctica permite determinar un perfil de rendimiento acorde a las prestaciones y necesidades de un jugador de básquet (siendo en éste caso, el/los sujeto/s de estudio).

Si bien, éste tipo de dispositivo seleccionado para realizar el presente estudio (encoder lineal) proporciona variables que son de relevancia para realizar tal análisis, la variable objeto de estudio seleccionada fue la velocidad media propulsiva (-9,81 m/s^2).

La velocidad de ejecución es una variable de gran importancia en el entrenamiento de la fuerza, especialmente cuando éste va dirigido a la mejora del rendimiento en cualquier especialidad deportiva. La misma, es un elemento determinante de la intensidad debido a que, tanto las exigencias neuromusculares como los efectos del entrenamiento, dependen en gran medida de la propia velocidad a la que se desplazan las cargas. Cuanto mayor sea la velocidad conseguida ante una misma resistencia, mayor será la intensidad, y esto influirá en

el efecto del entrenamiento (Gonzalez Badillo y Ribas, 2002). De tal manera que si la velocidad es muy inferior a la máxima posible para un sujeto, ya sea de manera voluntaria o por fatiga, el efecto del entrenamiento cambia de orientación. La velocidad alcanzada al desplazar una carga externa (o el propio peso corporal) es consecuencia de la fuerza aplicada; por tanto, la única forma de desarrollar más velocidad ante una determinada carga es aplicar más fuerza ante dicha carga. Por lo tanto, el control de la velocidad (indistintamente del periodo del ciclo, ya sea en instancia de valoración o control) nos puede informar con alta precisión sobre que porcentaje real (%1RM) o que esfuerzo se está realizando en cada momento, siendo la velocidad propia de cada porcentaje de 1RM la que determina el esfuerzo real (González Badillo, 2016).

El fundamento de la variable seleccionada (VMP -9,81 m/s^2) es que en la mayoría de los ejercicios de entrenamiento de fuerza, el movimiento inicia de velocidad 0 (cero), consigue luego la velocidad o pico en determinada punto intermedio del recorrido concéntrico y, finalmente, regresa a velocidad 0 al completar el recorrido. En consecuencia, un aspecto importante a tener en cuenta cuando se desplazan cargas en los ejercicios de tipo isoinercial (típico entrenamiento de fuerza con pesos libres) es el hecho de que una parte considerable de la fase concéntrica se emplea en desacelerar la carga que se trata de vencer. Así, cuando se desplazan cargas ligeras y medias, existe una parte final del recorrido durante la cual la desaceleración es de mayor magnitud que la esperada debido al efecto de la gravedad. En éste situación, el sujeta está aplicando fuerza en sentido opuesto al movimiento de la carga, ésto es, frenando el desplazamiento de la misma. Durante ésta fase final, la fuerza aplicada (F) por el sujeto frente a la carga externa de masa (m) es negativa; así, debido a que $F= m.a$, F resulta negativa sólo cuando la aceleración es menor que la gravedad ($a < g$). Por tanto, la parte concéntrica del movimiento puede dividirse en una fase propulsiva o impulsiva ($F > 0$) y una fase de frenado ($F < 0$) (Jidovtseff et al., 2007; Sánchez Medina et al., 2010).

Cuando la carga desplazada es muy ligera, la contribución de la fase de frenado puede llegar a valores próximos al 50% del total del tiempo concéntrico. En la figura 3 se muestra un ejemplo de un sujeto representativo cuando desplazó, a máxima velocidad, un palo de madera (aprox. 200 gr) en el ejercicio de press plano. En éste caso, la fase de frenado constituyó un 40% de toda la acción concéntrica. Como puede apreciarse, el valor pico de aceleración alcanzado (a min) fue aproximadamente 10 veces superior a la aceleración de la gravedad.

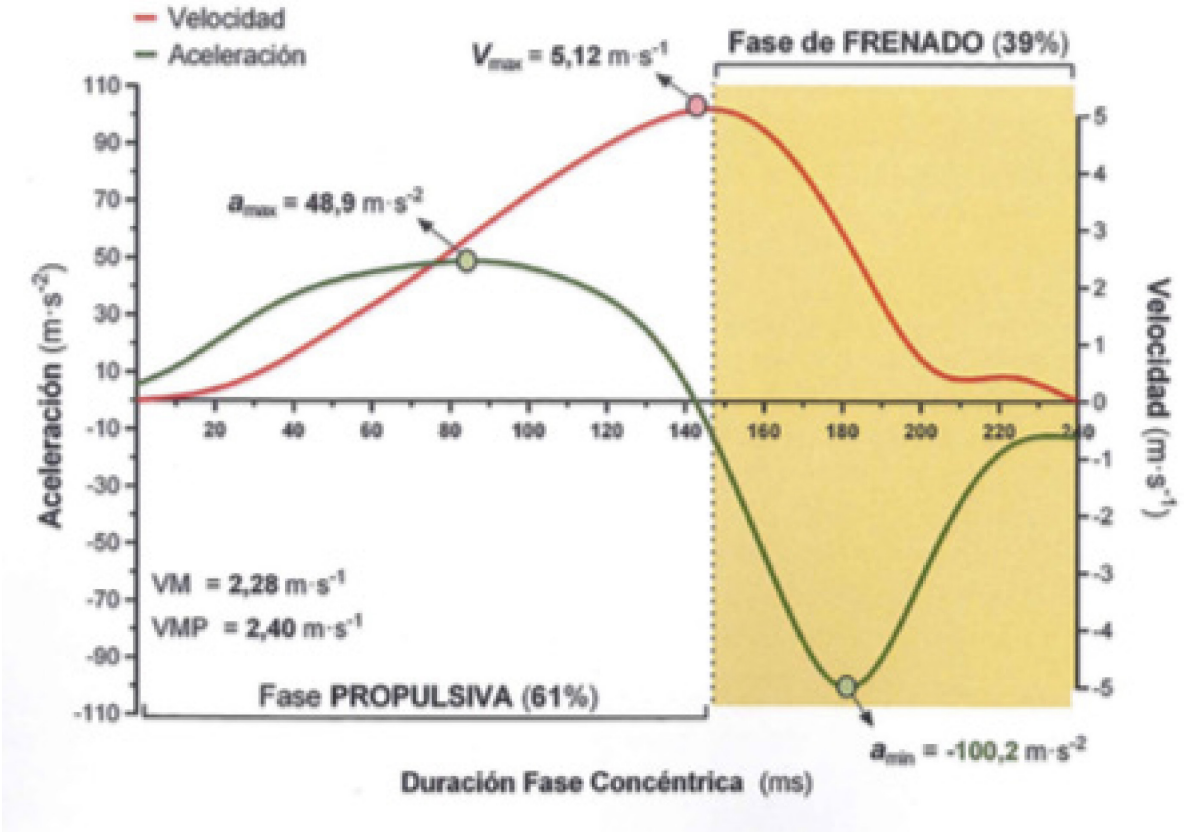

Figura 3. Curvas tiempo-velocidad y tiempo-aceleración obtenidas al desplazar a la máxima velocidad posible una carga muy ligera (palo de madera) en el ejercicio de press plano. Se muestra contribución relativa de las fases propulsivas y de frenado al total de la duración concéntrica (González Badillo, 2017)
VM: velocidad media total de la fase concéntrica; VMP: velocidad media de la fase propulsiva; Vmax: velocidad pico; a_{max}: aceleración máxima; a_{min}: aceleración mínima

Se ha podido comprobar que referir el promedio de los valores de velocidad y potencia a la fase propulsiva del movimiento, en vez de al total de la fase concéntrica del

mismo, permite discriminar mejor el rendimiento neuromuscular de cada individuo, especialmente cuando se desplazan cargas ligeras y medias. La ventaja de referir los valores mecánicos promedio a la fase impulsiva o propulsiva puede apreciarse en la figura 4. Cuando se considera el total de la acción concéntrica, la potencia media desarrollada con una carga de 20kg por un sujeto con 1RM de 80kg (S1) es solamente de 40W (15,7%) menor que la obtenida con la misma carga absoluta por un sujeto con 1RM de 127,5kg (S3) (figura 4 C). Sin embargo, cuando los valores medios se refieren a la fase impulsiva o propulsiva, ésta diferencia entre individuos se incrementa hasta 305W (76,1%) (figura 4 D). Esto significa que cuando los valores medios se refieren al total de la fase concéntrica de un movimiento, cuanto mayor es la fuerza dinámica máxima (1RM) de un individuo, más subestimado queda su verdadero potencial neuromuscular cuando se compara con otro sujeto que tiene un valor de 1RM considerablemente menor. Esto vendría explicado por el hecho de que cuanto menor es la carga relativa y, por tanto, más alta es la velocidad media, mayor es la fase de frenado con respecto a la duración de la fase de concéntrica. Dado que cuando se considera todo el recorrido concéntrico, la potencia total es igual a la suma de la potencia de la fase propulsiva (positiva) y la fase de frenado (negativa), aquellos sujetos que posean una 1RM mayor, movilizaran las mismas cargas absolutas a velocidades más altas y, por consiguiente, experimentarán una fase de frenado de mayor duración que restará en el computo total disminuyendo la magnitud del correspondiente valor promedio de la fase concéntrica.

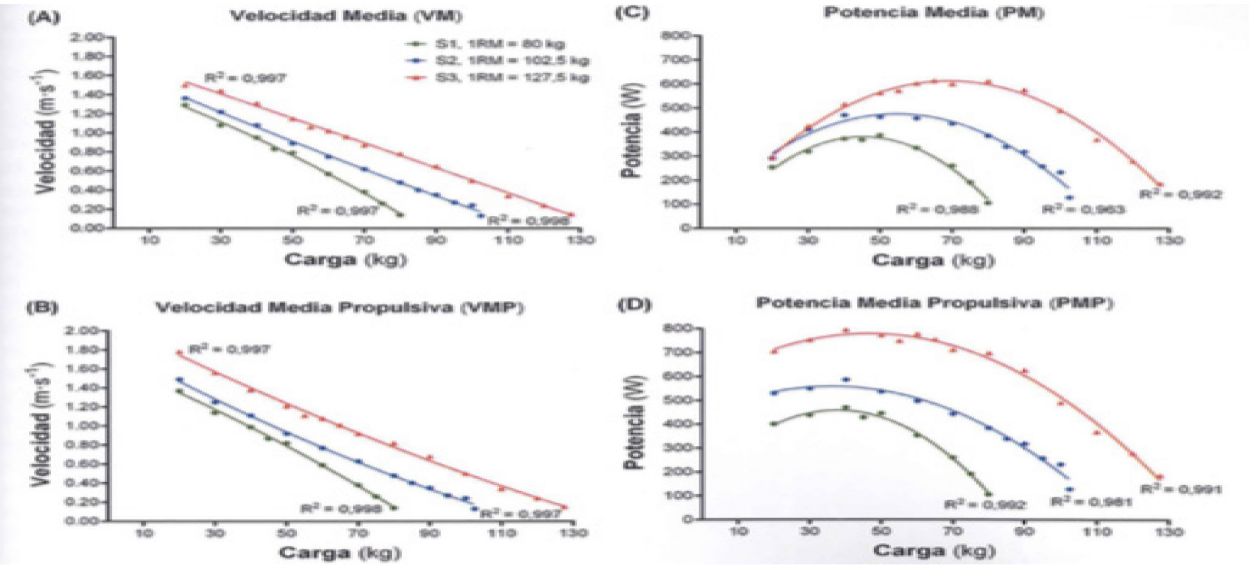

Figura 4. Ejemplos de las curvas carga-velocidad (A,B) y carga-potencia (C,D) para tres sujetos representativos (S1,S2,S3) con distintos niveles de fuerza dinámica máxima (1RM) en el ejercicio de press plano (Sánchez Medina, 2010)

La fase de frenado depende de la magnitud relativa (%1RM) de la carga a desplazar. Cuanto más ligera es la carga (y más alta, por tanto, es la velocidad del movimiento) mayor es la duración de ésta fase de frenado. Conforme se va aumentando la carga, llega un punto en que la fase de frenado desaparece, pues la aceleración en la parte final del movimiento ya no llega a ser menor que la gravedad (g). Por ejemplo, aunque existe cierta variabilidad interindividual, a partir de un valor promedio de, aproximadamente, 76% 1RM en el ejercicio de press plano (en el ejercicio de sentadilla de 65% ± a 7,6% aproximadamente), la fase concéntrica puede considerarse enteramente propulsiva (Sánchez, Medina et al., 2010). A partir de ésta carga, los valores promedio de la fase propulsiva coincidirán, lógicamente, con las medias del total de la fase concéntrica. Como se puede derivar de éstas observaciones, tanto la evaluación del efecto de entrenamiento como la valoración de la capacidad de un sujeto en un momento determinado, debería realizarse siempre calculando los valores promedio de las variables mecánicas de la fase impulsiva o propulsiva del movimiento.

En la figura 5 se presenta un ejemplo representativo de un judoca que realizó un test progresivo con cargas en press plano hasta la RM (117,5 kg). La progresión de cargas utilizadas (kg) y velocidades medias de la fase propulsiva (en m/s) alcanzadas fue la siguiente: 10 (2,19), 20 (1,76), 30 (1,53), 40 (1,38), 50 (1,19), 60 (0,98), 70 (0,93), 80 (0,78), 90 (0,60), 100 (0,46), 105 (0,36), 110 (0,31), 115 (0,20) y 117,5 (0,17). Se muestra la contribución al total de la fase concéntrica de las fases impulsivas o propulsivas y de frenado. Obsérvese como se va reduciendo progresivamente la fase final de frenado hasta desaparecer al llegar una carga alta (77% 1RM en ésta caso concreto y ejemplificador). Similares prestaciones sucede con el ejercicio de ½ sentadilla propuesto en el presente aunque con diferentes valores arrojados. En otros estudios, los rangos que oscilan velocidades y % 1RM donde se encuentra la máxima contribución total de la fase impulsiva o propulsiva en el ejercicio de ½ sentadilla fueron de VMP 0,93 m/s y %65 1RM (± %7,63) (González Badillo y Ribas, 2002)

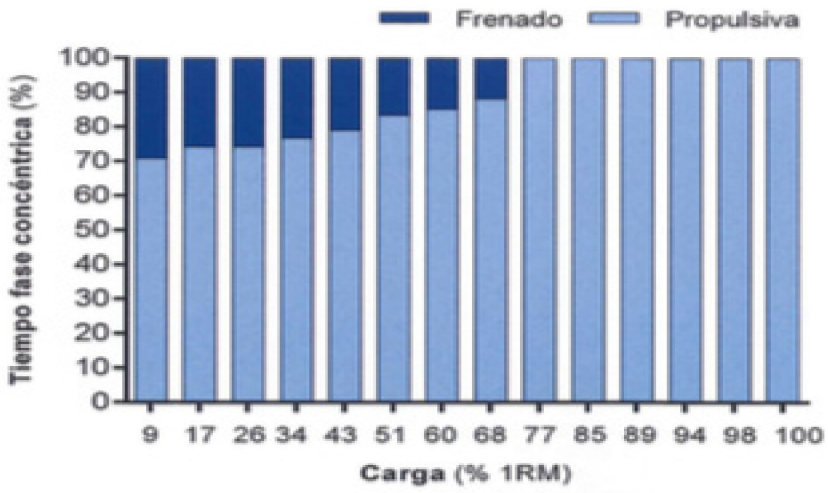

Figura 5. Ejemplo en el que se muestra la contribución de las fases propulsivas y de frenado al total de la fase concéntrica al realizar un test con cargas progresivas hasta la RM en el ejercicio de press plano (Gonzalez Badillo, 2017)

Siempre que el instrumento que se utilice para medir la velocidad lo permita, se debería utilizar preferentemente los valores de velocidad medios de la fase impulsiva o

propulsiva. También, como lo expuesto en el presente (VMP en jugadores de Básquet) se contempla el peso corporal del sujeto ya que sino, se subestimaría el peso como resistencia a vencer y, a su vez, condicionaría el valor de la variable seleccionada (por ende, censaría un valor que no sería el correcto) sobre todo, cuando se está en la instancia de test en zonas de resistencias bajas. En definitiva, los valores propulsivos explican el trabajo mecánico real y descartan la inercia generada por el impulso previo.

Poner de manifiesto las aportaciones que tiene el control de la velocidad para la mejora de la metodología del entrenamiento en sujetos deportistas (en éste caso, jugadores de básquet) seria negar una realidad (gran aceptación en el mundo del entrenamiento y del campo práctico) ante, no sólo el control del entrenamiento, sino también para su programación en pos de la mejora de las prestaciones del deportista (en tanto y en cuanto se utilice y se tenga alcance a ciertos dispositivos propicios y validados para tal fin). Ésta mejora se producirá si, utilizando adecuadamente la variable velocidad, se llega a conocer de una manera notablemente precisa que carga se ha utilizado y que efecto ha producido ésa carga (González Badillo, 2017)

Material y métodos

Sujetos

Se han evaluado 12 jugadores (n=12) juveniles de básquet de nivel nacional de entre 16 a 18 años de edad ($\bar{x}$=17,8), todos ellos refirieron tener más de 2 años en experiencia en relación al entrenamiento fuerza y sobrecarga en un gimnasio. Al momento de la instancia de valoración, los jugadores se encontraban realizando de 2 (dos) a 3 (tres) estímulos por semana en dicho entrenamiento (de fuerza y sobrecarga).

Material

Fue utilizado un encoder (Figura 6), Real Speed (Winlaborat, Argentina), que posee un registro mínimo de posición de 1 mm, y que permite analizar desplazamientos lineales. Este dispositivo posee un cable, que se coloca en la barra de tal forma de que el mismo no interfiera en la correcta ejecución del movimiento. El cable se desplaza (verticalmente) e informa la posición de la barra cada 1 milisegundo (frecuencia de lectura 1000 Hz) a una interface (WLIT04) que se encuentra conectada a una computadora que posee un software WINLABORAT 5.3. El software, instalado en el ordenador, grafica y proporciona los datos de desplazamiento (fase excéntrica-concéntrica), fuerza, potencia, velocidad y aceleración (pico y media) que son producidos en cada repetición y con cada carga seleccionada.

Figura 6. Encoder Lineal

½ Sentadilla al cajón

La sentadilla representa un ejercicio en cadena cinética cerrada, con acción de empuje y controlado (Fuentes, 1994; Watkins, 1999). En este ejercicio se da la participación de todos los segmentos de forma simultánea (extensores de cadera, rodilla y flexores plantares), con una función predominante estabilizadora de la musculatura central, que permite transferir la mayor fuerza o precisión posible a la acción en conjunto, en lugar de hacerlo secuencialmente (Bompa, 1995; Gutiérrez, 1998).

Es válido también aclarar, que la media (1/2) sentadilla con barra libre al cajón fue utilizada para la evaluación en el presente estudio, por ser el ejercicio más comúnmente utilizado en el entrenamiento de sobrecarga de mayor conocimiento y dominio técnico en éste grupo de sujetos/jugadores evaluados. También, los jugadores que no estaban familiarizados con la ejecución del ejercicio, han asimilado rápidamente la ejecución del mismo para que, los valores arrojados, no estén sesgados por otro tipo de variables (que también, a su vez, condicionan los resultados).

El sujeto colocaba la barra detrás de la nuca y sobre sus hombros. La separación de los pies se permitió que fuera libre permitiendo al sujeto sentirse lo más cómodo y estable posible. Se controló y corrigió constantemente la posición vertical del tronco durante todo el movimiento, tratando de minimizar la participación del mismo durante la fase de aceleración concéntrica de la carga. De este manera, el ejecutante debía realizar de modo controlada (modulando el movimiento) la fase excéntrica del ejercicio hasta el cajón ubicado entre sus piernas (aproximadamente, un ángulo próximo a los 90 grados en la articulación de la rodilla) estandarizando la distancia en fase (delimitándola, individualmente, con el cajón) y, desde ése punto (inversión del desplazamiento) debía imprimir la mayor aceleración posible (independientemente de la carga desplazada) durante la fase concéntrica pudiendo finalizar el

movimiento en flexión plantar pero, sin despegarse del suelo (Figura 7).

Para la ejecución del ejercicio fue utilizada una barra tipo olímpica (2,20 mts de largo y 20kg) y discos acordes a la medida de la misma, como así también, una jaula de potencia con soportes.

Figura 7. Instancia de Test. Estandarización de la distancia en fase (excéntrica) a partir de la colocación de cajones.

Test Progresivo Incremental (TPi)

El test progresivo (Figura 8) comprende la ejecución de 8 ± 2 series de 2 a 3 repeticiones, efectuadas con la mayor velocidad y empeño posible y, alternadas con pausas de 1 a 5 minutos , que se incrementan según aumenta la resistencia movilizada. Este protocolo permite estimar el 1RM, y al mismo tiempo medir la fuerza, potencia y velocidad aplicada producida en un amplio espectros de pesos (≥ 30 al 100% 1RM).

Para dar comienzo a la evaluación se debe determinar el peso inicial a movilizar. En primer lugar debe ser estimado el peso final del test o lo que se conoce como 1 RM predicha o teórica. El dato de 1RM fue utilizado como valor representativo del 100% y de esta manera podíamos calcular que valor relativo a dicho máximo estaba siendo desplazado en cada serie. En caso de que el jugador superara la 1RM anterior o estimada, se re calculaba a partir del último peso posible de desplazar en el test progresivo. En la instancia de evaluación, se ha incluido el peso corporal (PC) como parte de la carga desplazada, y que a éste, se le suma el

peso de la sobrecarga externa, representada por el peso de la barra y los discos en todo el rango de series (incluida, la 1er serie y desconociendo el dato certero del valor de 1RM).

Una vez determinada la resistencia inicial y final, y considerando el número máximo de series a realizar, debe aplicarse la siguiente ecuación para calcular el incremento de pesos entre las series sucesivas (Naclerio y Figueroa, 2004):

KIES:(Kg a incrementar entre Series) = (1RM estimado K–Peso inicial K) / (Series totales –1)

Los sujetos que han sido evaluados si, no contaban con el valor de 1RM para estimar el peso inicial y final a movilizar, la propuesta fue que utilizaran la escala de percepción subjetiva de esfuerzo propuesta por Robertson et al. (OMNI-RES 0-10) diseñada con imágenes e indicaciones verbales ya que, se podía estimar el grado de esfuerzo realizar a medida que el sujeto progresaba desde los pesos ligeros hacia los sub máximos y/o máximos, teniendo una alta correlación entre los valores de la escala con %1RM y velocidades media propulsivas o impulsivas (asesoría científica Winlaborat, 2012).

La 1ra y 2da serie debían ejecutarse con pesos ligeros del 40% al 50%, la 3era y 4ta serie con pesos medios entre el 55 al 65%, la 5ta y 6ta serie con pesos medios-altos entre el 70% y el 80% y la 7ma y 8va serie con pesos sub máximos y/o máximos, entre el 85% y el 95% o 100%.

Test Progresivo Incremental (TPi)

1º	Kies (kg a incrementar entre series) = (1 MR estimada (kg) - peso inicial (kg)) / (8 - 1)				
	Estimación del RM a través de la velocidad (VMP) 1RM %= - 5,961 VMP 2 -50,71 VMP + 117	Sentadilla	Naclerio y Figueroa 2004	Series	SD
			J.J Badillo 2017	8	± 2
	Deportista	M. G.	Disciplina	básquet	
	Ejercicio	1/2 sentadilla al cajón			
	Fecha de Evaluación	-			

Carga Movilizada	PC (kg)	+	kg Parcial	kg Total	Carga Inicial			
	75,00		95,00	170,00	30%	35%	% 1 MR	PC
			1 MR estimada kg		51,00	59,50	kg	44,12%
Kies =	17,00	kg						

	Series	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
Teórico	% 1 MR	35%	45%	55%	65%	75%	85%	90%	95%	100%
	kg totales	59,50	76,50	93,50	110,50	127,50	144,50	153,00	161,50	170,00
Real	kg PC	75,00								
	% 1 MR	64,71%	73,53%	82,35%	91,18%	100,00%				
	kg Sobrecarga	35,00	50,00	65,00	80,00	95,00				
	kg Totales	110,00	125,00	140,00	155,00	170,00				
	PSE	1	3	5	6	8				
	% RM Estimado (VMP)	61,58	64,07	67,15	76,21	79,76	117	117	117	117
	Recuperación entre series	1 min		2 min		3 min		5 min		
			1-2 min		2-3 min		4 min		5 min	

Estimación del RM a través de la velocidad (VMP)
Sentadilla 1RM %= - 5,961 VMP 2 -50,71 VMP + 117
(J.J Badillo 2017)

Series	VMP	VMP 2	% RM Estimado
1	0,98	0,9604	61,58
2	0,94	0,8836	64,07
3	0,89	0,7921	67,15
4	0,74	0,5476	76,21
5	0,68	0,4624	79,76
6		0	117
7		0	117
8		0	117
9		0	117

Figura 8. Test Progresivo Incremental Sub Máximo. Planilla Excel 2011 para Mac.

Finalizado el test, se determina la zona de máxima eficiencia mecánica (zona MEM). Ésta zona se define como el rango de resistencias que configuran una ventana para el óptimo entrenamiento en una zona y/o variable seleccionada, la cual puede localizarse a diferentes niveles de fuerza y valores porcentuales de la 1RM (Baker, 1999; Naclerio, 2001) dependiendo del tipo de ejercicio, nivel de fuerza y experiencia de la persona evaluada. El software Winlaborat permite, a partir de las variables seleccionadas (en éste caso, la velocidad media propulsiva -9,81 m/s^2 y la potencia media total) realizar un ajuste polinómico de segundo grado donde se expresa todo el espectro de series y mejor repetición seleccionada por el mismo software (Figura 9).

La manera de estimar el %1RM se hizo a través de la ecuación de regresión:

$$\%1RM = 5{,}961 \,.\, VMP^2 - 50{,}71 \,.\, VMP + 117$$

Dicha ecuación, tiene un coeficiente de determinación (r^2) de 0.95 con un error de estimación (SEE) de 4,02% 1RM (Sanchez Medina et al. , 2017)

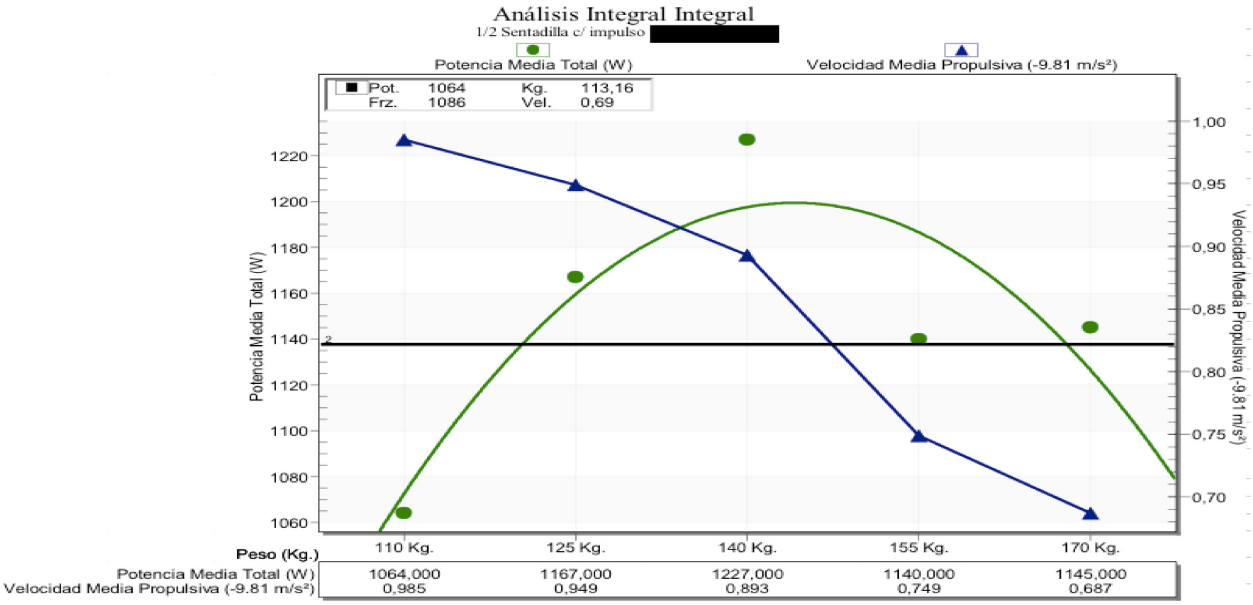

Figura 9. Ajuste polinómico de segundo grado. Variables seleccionadas: Potencia Media Total (W) y Velocidad Media Propulsiva (-9,81 m/s^2)

La zona MEM aunque está influenciada por muchos factores de diversos órdenes (genéticos, antropométricos, mecánicos, tipo de ejercicio, entre otros) también, marcaría la tendencia funcional del deportista a adaptarse a un tipo de entrenamiento específico, es decir, que es altamente influenciable por el tipo de entrenamiento desarrollado en un período de tiempo (Astrand, Badillo, Baker, Naclerio).

El análisis estadístico se hizo a través del software Microsofot Excel 2011 para Mac (versión 14.3.9 -131030-).

Resultados

En la **tabla 1** se muestran los datos descriptivos (medidas antropométricas básicas) de los 12 jugadores evaluados (n=12). Son detalladas las variables Edad (en años), Talla (en centímetros), Peso (peso corporal, expresado en kg) y Envergadura (en centímetros). Los datos son descriptos en valores promedio (media), desvío estándar (DS), valor máximo (Vmax), valor mínimo (Vmin) y rango.

n=12	Edad	Peso	Talla	Envergadura
media	17,8	84,6	193,9	200,6
DS	0,3	9,7	10,3	9,2
Vmax	18,3	103,9	210,3	213,2
Vmin	17,3	70,3	176,3	187,6
rango	1,0	33,6	34,0	25,6

Tabla 1. Edad en años, Peso (corporal) en kg, Talla en cm y Envergadura en cm (valores medios, desvio estándar –DS-, máximos –Vmax-, mínimos –Vmin- y rango)

En la **tabla 2** se expresan los 12 jugadores evaluados (n=12) con su respectivo peso corporal (en kg), la carga externa desplazada (en kg) en zona de máxima eficiencia mecánica (zona MEM) y la masa total desplazada en la misma zona (contemplando el peso corporal y la carga externa -en kg totales-) con sus respectivos valores promedios (media), desvío estándar (ds), valores máximos (Vmax), valores mínimos (Vmin) y rango.

n	peso (kg)	carga externa (kg) en zona MEM	masa total desplazada en zona MEM
1	87,9	70,0	157,9
2	89,1	85,0	174,1
3	72,5	80,0	152,5
4	74,6	70,0	144,6
5	89,3	75,0	164,3
6	94,3	70,0	164,3
7	86,6	90,0	176,6
8	81,1	80,0	161,1
9	78,3	85,0	163,3
10	103,9	90,0	193,9
11	70,3	80,0	150,3
12	87,8	65,0	152,8
media	84,6	78,3	163,0
DS	9,7	8,3	13,5
Vmax	103,9	90	193,9
Vmin	70,3	65	144,6
rango	33,6	25	49,3

Tabla 2. Peso corporal (kg), carga externa en zona mem manifestada y masa total (peso corporal + carga externa) desplazada en zona mem (n=12). Valores medios (media), desvío estándar (DS), máximos (Vmax), mínimo (Vmin) y rango.

La **tabla 3**, expresa valores relativos al cociente entre el peso corporal (en kg) y masa (carga) desplazada en zona mem y, %RM estimado ($\%1RM = 5{,}961 \cdot VMP^2 - 50{,}71 \cdot VMP + 117$) en misma zona de cada jugador (n=12) como así también, valores promedios (media), desvío estándar (ds), valores máximos (Vmax), valores mínimos (Vmin) y rango.

n	Peso Corporal/Carga externa	%RM estimado en zona MEM
1	0,80	75
2	0,95	72
3	1,10	77
4	0,94	81
5	0,84	75
6	0,74	83
7	1,04	72
8	0,99	76
9	1,09	73
10	0,87	72
11	1,14	71
12	0,74	69
media	0,94	74,67
DS	0,14	4,12
Vmax	1,14	83
Vmin	0,74	69
rango	0,40	14

Tabla 3. Valores relativos (cociente Peso Corporal/Carga Externa en zona MEM y %RM estimado (n=12).Valores medios (media), desvío estándar (DS), máximos (Vmax), mínimo (Vmin) y rango.

La **Tabla 4**, por último, evidencia la velocidad media propulsiva (-9,81 m/s^2) y la potencia media total (o potencia media máxima), expresada en watts ante cada carga en zona mem de cada jugador (n=12).

n	VMP (-9.81 m/s2)	PMT (Watts)
1	0,75	1178
2	0,80	1293
3	0,77	1191
4	0,65	956
5	0,76	1168
6	0,61	1058
7	0,80	1316
8	0,74	1166
9	0,79	1189
10	0,81	1214
11	0,82	1227
12	0,85	1266
media	0,76	1185,17
DS	0,07	98,77
Vmax	0,85	1316
Vmin	0,61	956
rango	0,24	360

Tabla 4. Velocidad Media Propulsiva (-9,81 m/s^2) y Potencia Media Total (PMT en Watts) con sus valores medios (media), desvío estándar (DS), máximos (Vmax), mínimos (Vmin) y rango (n=12).

La **tabla 5**, se menciona el coeficiente de variación (CV), siendo una medida representativa de la poca variabilidad existente entre los datos analizados, ya que la misma, manifiesta una muestra compacta.

	Edad	Peso	Talla	Envergadura	Carga externa (kg) en zona MEM	PC/Carga Externa	%RM estimado en zona MEM	VMP(-9,81 m/s$^{2)}$	PMT (watts)
CV	0,02	0,11	0,05	0,05	0,11	0,15	0,06	0,09	0,08

Tabla 5. Coeficiente de variación (CV) (n=12).

Discusión

Si bien, algunos autores (Dugan y col., 2004) han publicado que, en ejercicios del tren inferior, la producción de potencia media total (PMT) se encuentra en una amplia zona de cargas (10% hasta 70%) relativas a la %1MR , los resultados arrojados en las valoraciones, encuentran cierta similitud en las variables objeto de estudio (%RM en PMT, VMP, etc.), con aquellos trabajos que comparten cierto grado de semejanza en el abordaje metodológico.

En este sentido, los resultado son similares a los presentados por Gonzales Badillo y Ribas (2002), quienes reportaron que la producción de potencia media máxima o total (PMT) en el ejercicio de media sentadilla se encontró con cargas relativas al 65 ±7,6% de la 1MR (cada porcentaje tiene su velocidad de ejecución, siendo un factor determinante la misma a la especificidad del entrenamiento y un punto de referencia válido para clasificar los movimientos en cuanto a su efecto fisiológico sobre el músculo y el sistema nervioso – ante una misma carga, la velocidad de ejecución, determina la potencia desarrollada-).

Si bien existe un rango de intensidades en los que se manifiestan las variables selecciones (VMP -9,81 m/s^2 y la PMT) que caracterizan al ejercicio objeto de estudio, también es cierto que hay una gran variabilidad en los datos publicados. En éste sentido, se trata de coincidir con las investigaciones al día de la fecha en atribuir dichas diferencias a una gran cantidad de variables, que van desde la elección misma del tipo o variante de ejercicio, hasta las relacionadas con el cálculo de los valores de fuerza y potencia y velocidad aplicada. Como por ejemplo, la no inclusión del peso corporal (en el presente, se considera el peso corporal) como parte de la resistencia a movilizar, subestima tanto el valor de la 1MR, como el cálculo para la estimación de la producción de fuerza, potencia y velocidad aplicada (Gonzales Badillo y Ribas 2002, Badillo y col., 2000, Naclerio y col., 2004, Naclerio y col., 2005). En relación a ésto, se ha publicado que cuando se utiliza un movimiento en el plano vertical en que se desplaza el propio cuerpo, como al realizar el ejercicio de sentadilla (en

éste caso, la variante de ½ sentadilla al cajón), es recomendable usar el sistema del peso corporal para calcular la intensidad de la carga, ya que el jugador debe impulsarse a sí mismo como también a la barra. Excluir el peso de la masa corporal de la ecuación disminuye el componente total de la masa, disminuyendo así la producción de fuerza aplicada y la salida de potencia total (Cronin Sleivert 2005).

De todos los estudios referidos anteriormente, el que mayor similitud metodológica tiene con la metodología en la valoración propuesta, es el realizado por Naclerio y col., en 2005 debido a que el protocolo de carga progresiva utilizado en el presente, es el implementado y sugerido por dicho autor. Sin embargo, se ha seleccionado la variante de ½ sentadilla al cajón (estandarizando la distancia en fase excéntrica) y no, sentadilla profunda.

Conclusión

A través del presente, se trata de aportar valores relativos al %1RM, VMP (-9,81 m/s^2) y PMT en el ejercicio objeto de estudio y una orientación en valores de referencia en el mismo en una población determinada.

Debido al cronograma de competencias, semanas tipo, dinámica de torneos y demás a la que se someten éste tipo de población, se han seleccionado las cargas óptimas (se entiende como el mínimo estímulo en cuanto a calidad, organización, volumen e intensidad que pueda proporcionar los más altos resultados –Vorobiev, 1978-) individualizadas en el ejercicio objeto de estudio y su variante al cajón.

De ésta forma, el profesional que necesite abordar la tarea de maximizar la producción de fuerza, potencia y velocidad aplicada con el fin de mejorar el rendimiento, deberá contemplar un gran número de variables como ser: características metodológicas, biomecánicas del ejercicio, características morfológicas del sujeto, de cálculos para estimar la fuerza y potencia aplicada, como así también vinculadas al nivel de rendimiento y tipo de especialidad deportiva del sujeto o grupo a su cargo, además de lo referido a la competencia.

Bibliografía

Baechle, T. R., Eaerle, R. W., y Wathen, D. Resistance Training, Chapter 18. In Baechle, T. R. y Earle R.W (Eds.). Essential of Strength Training and Conditioning (NSCA), (2o ed., pp. 395-425). Champaign IL: Human Kinetics. 2000.

Baker, D. A series of studies on the training of High Intensity Muscle Power in Rugby League Football Player. J. Strength Cond. Res., 15(2), 198-209. 2001.

Baker, D., Nance, S., y Moore, M. The load that maximizes the averages mechanical power Output during jump squat in power trained athletes. J. Strength Cond. Res, 15(1), 92-97. 2001.

Cronin, J. B; McNair, P. J; Marshall, R. N. The role of maximal strength and load on initial power production. Med. Sci. Sports Exerc. 32(10): 1763-1769. 2000.

Cronin, J., y Sleivert, G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. Sports Med., 35(3), 213-234. 2005.

Dugan, E. L., Doyle, T. L. A., Humphries, B., Hasson, C. J., y Newton, R. U. Determining the optimal load for jump squat: A review of methods and calculations. J. Strength and Cond. Res, 18(3), 668-674. 2004.

González Badillo, Juan José. Consideraciones sobre la Manifestación y el Desarrollo de la Fuerza y la Potencia Muscular. PubliCE Premium. 04/04/2007.

Gonzalez Badillo, Juan José; Sanchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. Int J Sports Med 2010; 31: 347–352

Gonzalez Badillo, Juan José; Sanchez-Medina, L; Pareja, F; Rodriguez, D. La Velocidad de Ejecución como Referencia para la Programación, Control y Evaluación del Entrenamiento de Fuerza. Ergotech, 2017.

.

Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez Badillo, J. J., Ibáñez, J., y Gorostiaga, E. M. Effects of long-Term training specify on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. Eur J. Appl Physiolol,, 87, 264-271. 2002.

Kawamori, N., y Haff, G. G. The optimal training load for the Development of muscular power. J. Strength Cond. Res, 18(3), 675-684. 2004

Lesuer, D. A., McCormick, J. H., Mayhew, J. L., Wasserstein, R. L., y Arnold, D. M. The Accuracy of seven predictions for estimating 1 - RM performance in the bench press, squat, and deadlift. J. Strength and Cond. Res, 11(4), 211-213. 1997.

Naclerio, A. F. Entrenamiento de la fuerza con pesas: cómo determinar la intensidad del esfuerzo y los diferentes tipos de fuerza a entrenar. Revista Digital - Buenos Aires - Año 6 - N° 29. Retrieved, 2001, from the World Wide Web: http://www.efdeportes.com. 2001.

Naclerio, A. F., Santos Leyva, J., y Pantoja García, D. Relación entre los parámetros de fuerza potencia y velocidad en jugadoras de softball. Kronos, 6(23-20). 2004.

Naclerio Ayllón, Fernando J. Leyva Rodriguez, José S. Forte, Daniel. Determinación de los Niveles de Fuerza Máxima Aplicada, Velocidad y Potencia por Medio de un Test Creciente en Sentadilla Profunda con Barra Libre, en Levantadores Españoles. PubliCE Standard. 29/08/2005.

Sleivert, G., Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump squat power and sprint acceleration in athletes. Eur J. Appl Physiol., 91. 46 – 52.